

P232/1
457
张新 李之闻 德庆邦 编著

人民交通出版社



公路地面立体 摄影测量

公路地面立体摄影测量

张新 李之闻 德庆邦 编著

励惠国 审校

人 民 交 通 出 版 社

内 容 简 介

本书共分七章。主要内容有：地面立体摄影测量的基本概念、原理、仪器的基本构造和使用方法；地面立体摄影测量的外业和内业工作；地面立体摄影测量在公路工程中的（勘测设计、石方爆破和变形观测等方面）应用；公路工程中范围简易成图方法。

本书是一本应用技术书籍，可供公路工程技术人员使用，也可供有关院校测绘和公路工程专业的师生参考。

公路地面立体摄影测量

张新 李之闻 德庆邦 编著 励惠国 审校

人民交通出版社出版

（北京市安定门外和平里）

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：6.375 字数：142千

1980年9月 第1版

1980年9月 第1版 第1次印刷

印数：0001—2,600册 定价：0.67元

前 言

近几年来，我们北京工业大学四系在兄弟单位的热情支持下，结合教学和生产任务，开展了“地面立体摄影测量在公路工程中的应用”试验与研究，为了总结并交流经验，根据我们试验与研究的肤浅体会，搜集整理有关资料编写了本书。

在公路工程中应用地面立体摄影测量，主要是从以下两方面来认识的：

一、在山区，特别是在人员难以到达的陡峻地段兴建公路，地面立体摄影测量具有独到的优点，它能解决其它测量方法不能解决的技术课题。

二、地面立体摄影测量也具有 一般摄影测量的基本特性，适宜于按信息方法进行加工处理，从而使我们的作业能朝着测绘技术自动化方向迈出第一步。

目前，地面立体摄影测量已在我国的许多生产部门和科研机构广为应用。实践证明，这是一种行之有效、有广泛用途的测量方法。由于我们的试验和研究经历不长，体会不深，因此，本书的内容与这门技术的丰富性以及兄弟单位的经验相比，只不过是沧海一粟而已。

在编写本书过程中，曾得到中国科学院励惠国同志以及有关兄弟单位的大力支持和帮助，在此向他们表示由衷的感谢。

由于我们对地面立体摄影测量的认识尚不全面，经验有限，编写时间仓促，书中错误之处在所难免，希望读者批评指正。

编著者于1979年8月

目 录

第一章	地面立体摄影测量基本概念	1
§1-1	地面立体摄影测量概述.....	1
§1-2	地面立体摄影测量的基础知识.....	3
§1-3	摄影经纬仪及其摄影方式.....	9
§1-4	地面立体摄影测量的坐标系统和方位元素.....	19
§1-5	地面立体摄影测量作业公式.....	25
第二章	地面立体摄影测量外业工作	34
§2-1	地面立体摄影测量外业的仪器和装备.....	34
§2-2	摄影经纬仪的检验和校正.....	35
§2-3	测区踏勘和控制测量.....	40
§2-4	摄影基线的选定.....	41
§2-5	象片检查点的布设.....	47
§2-6	摄影站的测量工作.....	50
§2-7	象片处理.....	53
§2-8	“死角”的补测与象片调绘.....	55
第三章	地面立体摄影测量内业工作	57
§3-1	象控点的加密和立体坐标量测仪的使用.....	57
§3-2	立体自动测图仪的基本构造和交会原理.....	67
§3-3	1318立体自动测图仪的检验和校正.....	77
§3-4	内外方位元素在仪器上的安置.....	86
§3-5	光学模型的大地定向.....	88
§3-6	地形图的绘制.....	93

§3-7	地形图的精度分析·····	95
第四章	地面立体摄影测量在公路勘测设计中的应用···	103
§4-1	地面立体摄影测量在公路勘测设计中应用 的主要程序·····	103
§4-2	成图·····	107
§4-3	地面坐标和象片坐标的换算·····	111
§4-4	利用地面立体摄影测量资料进行路线 技术设计·····	122
§4-5	防护工程设计中利用摄影资料的方法·····	130
§4-6	小桥涵设计中利用地面立体摄影测量 成果及资料·····	137
§4-7	工程地质中利用地面立体摄影测量资料·····	138
§4-8	施工放线·····	142
第五章	地面立体摄影测量在公路爆破工程中的应用···	149
§5-1	爆破工程设计对测绘工作的要求·····	149
§5-2	利用地面立体摄影测量资料进行爆破工点 地质情况的判读·····	150
§5-3	利用地面立体摄影测量资料进行爆破设计 的实例·····	152
第六章	用地面立体摄影测量做变形观测·····	158
§6-1	摄影比例尺精度·····	158
§6-2	变形观测·····	162
第七章	简易成图方法·····	172
§7-1	简易成图的基本原理·····	172
§7-2	象片解析法成图·····	174
§7-3	图解法成图·····	182
§7-4	反光立体镜和视差杆·····	192
§7-5	全景立体显示·····	195

第一章 地面立体摄影测量

基本概念

§1-1 地面立体摄影测量概述

地面立体摄影测量是摄影测量的一个组成部分，在现代科学技术迅速发展，特别是光电技术、自动控制技术的广泛应用，它也进入了一个新的领域，它已经形成一门至关重要的基础技术，并在许多生产和科技部门中得到重视，解决了许多其它手段所不能解决的课题。在我国社会主义四个现代化中，必将能发挥它应有的作用。

地面立体摄影测量，是以地面被摄景物的构象为量测基础，研究地面物体的形状、大小和空间位置，测定地面点位的座标和高程数据，绘制地形图和工程用图。同时，利用地面象片所储存的丰富信息，根据工程的特殊需要，选择象点。测定有关数据和图形，提供工程所需要的有关资料。由于地面立体摄影测量是在地面上安置摄影测量仪器，拍摄景物的立体象片，象片显示的影象和人眼在地面上对景物的观察习惯完全一致，象片就比较容易判读；此外，在地面还能用普通测量的方法测得许多点位和仪器本身的数据，因而，室内作业比较顺利而且迅速。同时，还可以把大量的外业变成内业，减轻许多外业的体力消耗，并且具有精度高、费用低、所需人员少等方面的优点。随着仪器自动化程度不断完善和提高，地面立体摄影测量技术会愈来愈广的应用到经济

建设、国防建设和科学研究的许多方面。

在公路勘测设计和施工中，长期以来是采用传统的平板测绘、用标杆跑尺的方法进行测量，这种方法不仅精度低且消耗大量人力。如果要在高山峻岭地区修建公路，依靠传统的测量方法和工具进行勘测，其测绘工作量更是庞大，既不安全，周期又长，耗费大，往往还不能及时满足设计和施工的要求。采用地面立体摄影测量，尤其在悬崖陡壁地区，其作业效率成倍地提高。它不仅能提供公路选线设计的各种中等比例尺地形图，还可以提供有关路线的地质情况、桥隧工点、爆破工点和大规模填挖土方地段的大比例尺地形图和路线的纵横断面图。在室内还能根据象片，采用专门的绘图仪器恢复地面的立体模型，量测或者选择某段线路的空间数据，使公路路线的设计更为合理。这种地形图和量取的数据具有比平板测绘方法精度更高、反映地貌地形逼真、作业周期短和劳动强度小的优点，提供平板测绘所不能提供的资料。此外，路线设计还能做到勘测、设计阶段的全部工作，在室内作业一次完成，大大减少了外业人员的艰苦劳动，提高了路线设计的速度和质量。

实践证明，在公路工程中应用地面立体摄影测量技术，保证了精度要求，降低了成本，外业人员安全，提供成果迅速。

地面立体摄影测量在其它方面的应用还很多，例如在交通事故和刑事案件的处理、大型桥涵的变形观测、综合考察、建筑考古、地理、环境卫生的监测以及军事工程等方面都有所应用，并且还在发展中，这里不再详述。

进行地面立体摄影测量，必须掌握它的作业特点：由于测区的地形影象是通过摄影仪器记录在底片上，而且又是在人眼的平视方向进行摄影。因此，要求被摄景物能直接看见，

不被其它障碍物所遮住，也即避免出现“死角”。在连续摄影时，又要具有一定的重叠，避免出现遗漏。尤其在地势较为平坦的地区或者小丘陵地区，要特别注意选择摄影站的位置。此外，摄影前还要进行一些控制测量和象片控制点的连测。不论外业或内业，都要严格按操作规程作业。任何一个环节的疏忽，都将造成返工或损失。这就必须在作业前进行测区踏勘，拟定作业计划。并且使各类测量工具和方法有机地配合起来。

§1-2 地面立体摄影测量 的基础知识

地面立体摄影测量就是在地面上选择适当间距的两个摄影站，分别安置摄影仪器，向同一方向拍摄两张地面象片，然后在内业仪器上按比例尺恢复地面的立体模型并进行量测，得到具有平面位置和高程的图形。这种在地面上用摄影仪器测绘地形的的方法，称为地面立体摄影测量。在两个摄影站拍摄的同一地面的两张象片通常称为立体象对。当用摄影仪器进行地面摄影时，在仪器检影毛玻璃上看到的地面影象是倒象，而且左右相反，如图 1-1 所示。曝光后的底片经过显影处理后，在底片上显示出来的影象色调又与实地景物相反，即黑色景物的影象呈白色，白色景物的影象呈黑色，所以这种底片称为负片。负片接触晒印后的象片色调就与实地景物的色调一致，这种象片称为正片。通常把负片或正片统称为象片。由图 1-1 可以看出，以物镜后节点 S 为投影中心，所得到的正片是一幅理想的中心投影透视图景。

地面立体摄影测量是一个摄取象对、建立和观察立体模

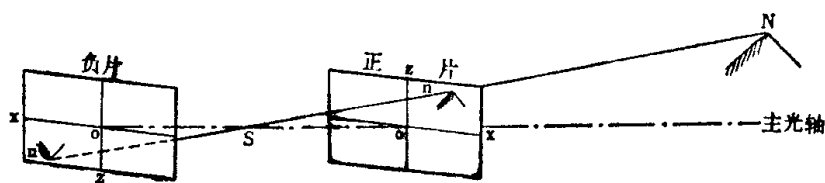


图 1-1

型和量测立体模型的过程。它不仅和使用的仪器与量测方法有关，而且还和人眼的生理感觉有密切的联系。因此，在了解摄影仪器与方法之前，有必要先了解一下人眼的特性以及立体观察的原理。

一、双眼交会和立体观察

在日常生活中，人们都有这样的经验，用单眼观察物体，只能分辨物体的大小和形状，即景物的透视影象，而不能确定物体的远近距离。当用双眼观察物体时，物体的反射光线同时进入双眼的视网膜，由于物体各点和眼睛的远近距离的不同，在视网膜上产生了视差并反应在人的大脑里，从而获得物体的空间位置，建立了物体的立体感觉。如果手握两支削尖的铅笔，要将它们的笔尖相碰，用单眼观察就比较困难，用双眼观察就十分容易，这是因为双眼观察使两个笔尖建立了立体感觉的缘故。

如果在地面上有远近不同的两个点 A 和 B ，如图1-2所示。观察者左右眼睛的位置为 S_1 和 S_2 。当双眼观察时，观察者两眼的视线在 A 点或 B 点相交。视线分别在 A 点或 B 点相交成一个角度 γ_1 或 γ_2 ，这个交角称为交角(或视差角)。当在 A 点的交角 γ_1 大于在 B 点的交角 γ_2 时，则 A 点比 B 点近。设 A 点和 B 点在眼球网膜上的成象分别为 a_1 、 b_1 和 a_2 、 b_2 。由于 A 点和 B 点的远近不同，因而它们对于左右眼

球的视网膜窝中心 o_1 和 o_2 的弧长 $\widehat{a_1 o_1}$ 、 $\widehat{a_2 o_2}$ 和 $\widehat{b_1 o_1}$ 、 $\widehat{b_2 o_2}$ 也不相同，每一点两段弧长的差值称为生理视差，以 l_1 和 l_2 表示。即

$$l_1 = \widehat{a_1 o_1} - \widehat{a_2 o_2}$$

$$l_2 = \widehat{b_1 o_1} - \widehat{b_2 o_2}$$

和

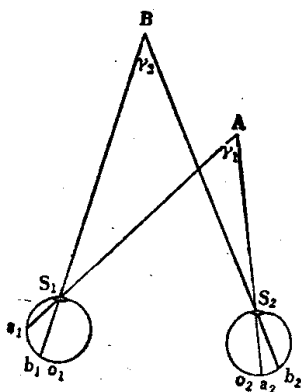


图 1-2

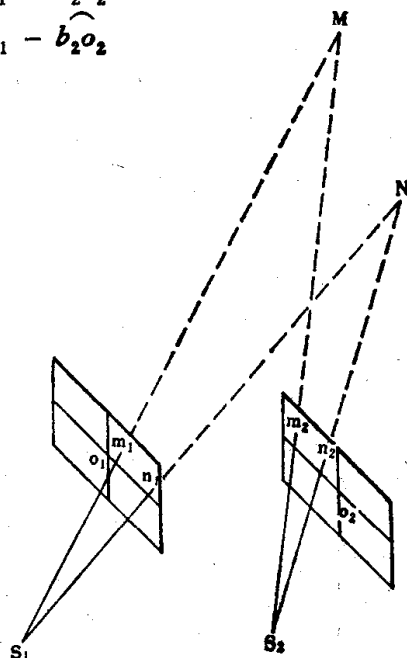


图 1-3

选择地面适当的 S_1 和 S_2 两点，如图1-3所示，两点的水平距离称为摄影基线，通常以 B 表示。在 S_1 和 S_2 安置摄影仪器向地面 M 和 N 两点进行摄影，它们在象片 P_1 的象点为 m_1 和 n_1 ，在象片 P_2 的象点为 m_2 和 n_2 。然后，将 P_1 和 P_2 两张象片在内业仪器上用缩小的摄影基线长度恢复这两张象片的位置，用双眼从 S_1 和 S_2 观察这两张象片的影象。同样，象片上两个象点也在视网膜上产生了生理视差，形成双眼的空间前方交会，获得了立体象对中同名投影射线的各点所组成并与地面景物相似的立体几何模型。因此，只要在地面上不同

的摄影站向同一地面景物摄取一对象片，使每只眼睛分别各观察一张象片，就能得到与地面景物完全相同的立体模型。

立体观察的方法主要有：

(一)光学法；(二)互补色法；(三)光闸法等。

下面介绍光学法，其它两种方法见第七章。光学法是测绘技术中常用的方法。它是采用一种光学系统来分隔左眼和右眼的视线，通过目镜的适当调节和放大来建立地面的立体模型。最简单的工具是反光立体镜。图 1-4 是反光立体镜的外形。摄影测量所使用的许多复杂的内业仪器都是以它为基础发展起来的。

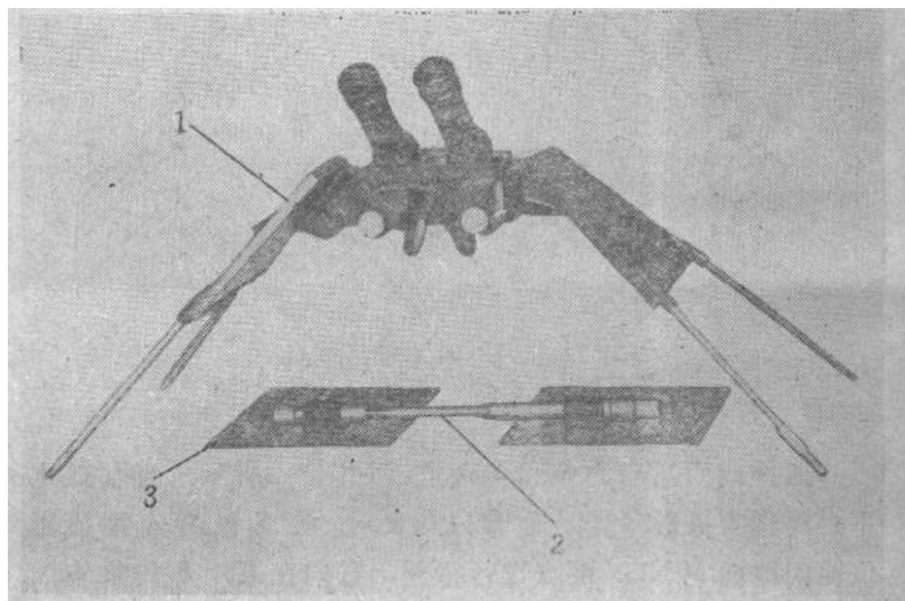


图 1-4

1-反光镜，2-视差量测杆，3-象片

反光立体镜的基本构造和成象原理是：

如图1-5所示，一对两片安装为 45° 角度的平行反光镜，一对象片 P_1 和 P_2 分别放在反光镜下面，调节左右、上下间距，通过 S_1 和 S_2 就能使左眼只看到左象片、右眼只能看到

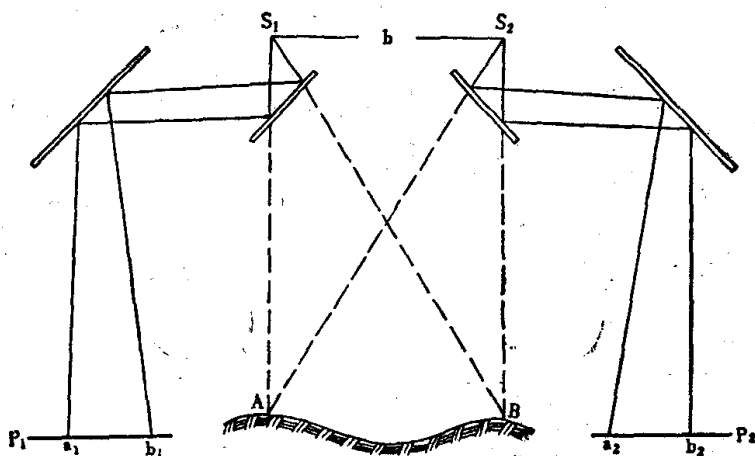


图 1-5

右象片,同时感觉到虚构的地面立体模型 AB 位于各视线延长线的交点上。在双眼 S_1 和 S_2 处可安置放大镜,以使立体模型加以放大。在象片上还可利用视差量测杆,量测立体模型的数据。详见第七章内容介绍。

观察立体熟练的人,可以不借助于任何仪器,每只眼睛只看一张象片,用肉眼直接观察立体象对,也能得到立体模型。

二、立体量测

立体量测的目的,是为了对象对所建立的立体模型进行数量的量测,计算所摄地面景物的空间位置,并在图纸上表示出来。这种量测,可以直接在象片上用直尺量测,也可以在立体观察下量测地面的立体模型。后者量测的数据或绘制的图形其精度将大大提高。现代的摄影测量仪器,广泛地采用立体量测的方法。

当双眼观察象对时,地面点 A 和 B 在视网膜上的生理视差为 $l_1 = a_1' o_1' - a_2' o_2'$ 和 $l_2 = b_1' o_1' - b_2' o_2'$,如图1-6所示。而

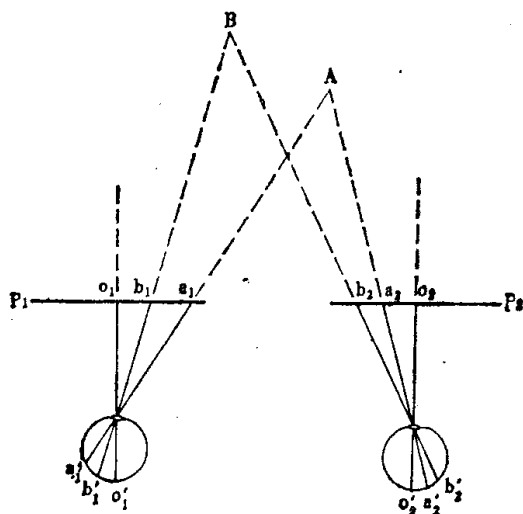


图 1-6

在象片上该两点影象相对于象片中心 o_1 和 o_2 也产生一段差值。象片对上的两同名点的横向距离之差称为左右视差，通常以 p 表示。每个象点都有一个左右视差，即

$$p_1 = \overline{a_1 o_1} - \overline{a_2 o_2}$$

和

$$p_2 = \overline{b_1 o_1} - \overline{b_2 o_2}$$

如果 A 点和 B 点都不在同一水平面上，除产生左右视差之外，还产生每个点的垂直距离之差，称为上下视差，通常以 q 表示。左右视差和上下视差是摄影测量重要的量测数据，从而根据一定的公式来推算点的空间位置。

在底片（或象片）上量测数据，是在一定的坐标系里用仪器上的测标（即量测的标志，相当于经纬仪上的十字丝）来进行的。在立体观察下，使仪器的两个相同测标和象片上的同名点重合，此时，则测标与立体模型的同名点相切，在仪器相应的分划尺上便能读取量测的数值。关键的问题是要使测标切准立体模型上的点位，仔细观察致使测标不悬在模型的上空，也不进入模型的内部。否则，量测精度将受到很大的影响。

§1-3 摄影经纬仪及其摄影方式

摄影经纬仪是地面立体摄影测量外业工作的主要仪器。随着仪器的不断改进和发展，它的结构型式各有不同，按其结构可分为三类：

1. 水平式摄影经纬仪
2. 立体式摄影经纬仪
3. 倾斜式摄影经纬仪

一、水平式摄影经纬仪

由于后面两类仪器应用较少，且作业方法也较复杂，这里只介绍经常使用的水平式摄影经纬仪。而这类仪器进口的型号也各有异同，见表 1-1。现就我国华东光学仪器厂生产的 DJS-19/1318-01 型水平式摄影经纬仪加以介绍。

图 1-7a、b、c 为 DJS-19/1318 型摄影经纬仪结构说明。

DJS-19/1318-01 型摄影经纬仪由摄影机和定向装置两个主要部分组成。

摄影机实际上就是一个照象机，是用来拍摄地面景物的设备。它有物镜、暗箱、承片框和检影器。在暗箱前面的中央为摄影物镜，它是一组透镜的光学系统。地面景物的光线通过摄影物镜在检影器的毛玻璃板上产生被摄景物的倒立实象。物镜的焦距 f 为 195 毫米左右（焦距就是物镜的后节点到承影面的垂直距离）。相对孔径为 $1/25$ 。物镜的视场角为 56° 。镜位处于中心位置时，象场角为：水平方向 45° ，竖直方向 36° 。象幅的大小为 13 厘米 $\times$ 18 厘米。由于地面摄影比普通照象的距离远得多，所以摄影物镜的对光距离从最小距离约 10 米到无穷远的范围，都能保证所摄地面景物的清晰。为了调节增大竖直方向的拍摄范围，物镜不是固定不动

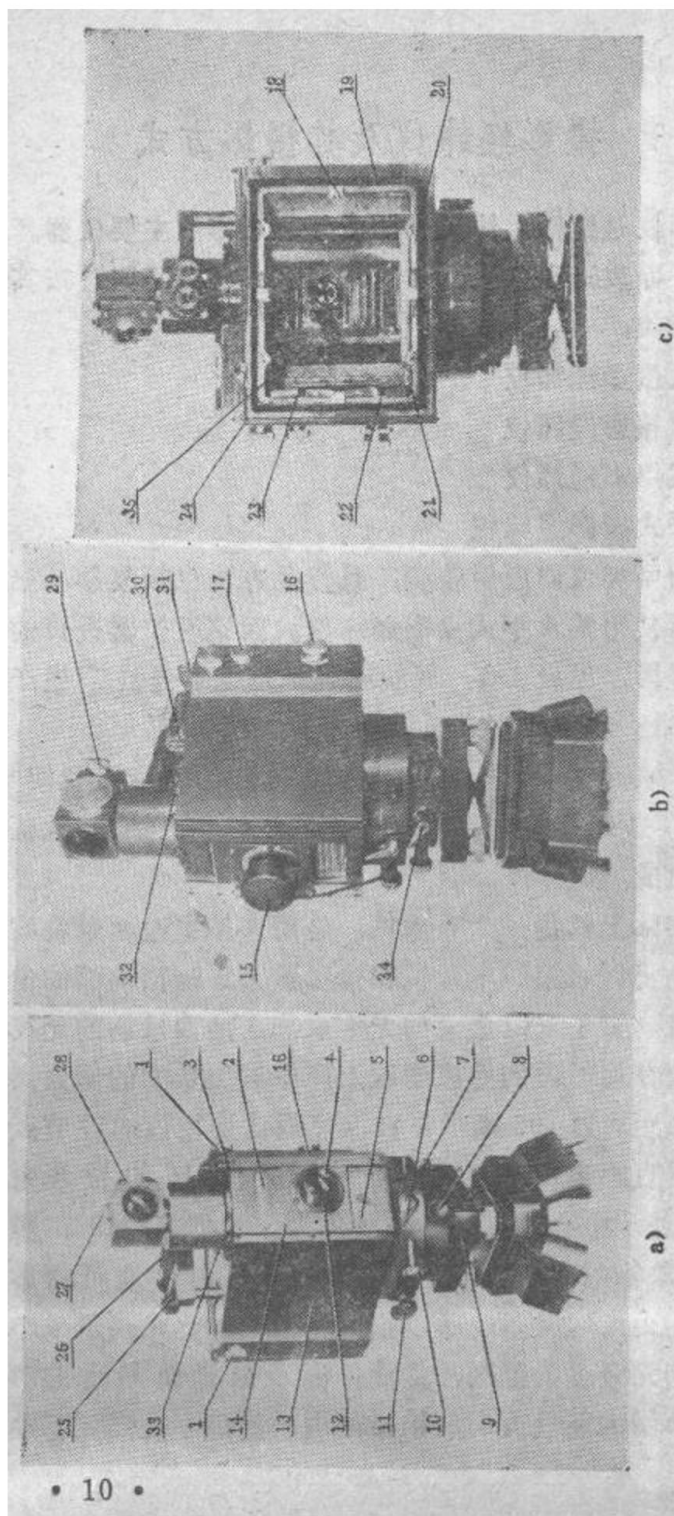


图 1-7

1-承片框压片手轮, 2-金属软帘, 3-粗瞄准器, 4-物镜滤光片, 5-镜头移动导轨, 6-上盘制动螺旋, 7-下盘制动螺旋, 8-下盘微动螺旋, 9-底座, 10-上盘微动螺旋, 11-反光镜, 12-物镜, 13-暗箱, 14-镜头移动定位销, 15-镜盖, 16-象片编号导轮, 17-摄影方式标记, 18-框标, 19-承片框, 20-承影面定位块, 21-焦距数据牌, 22-象片编号数据, 23-摄影方式标记, 24-暗盒保险栓, 25-读数显微镜, 26-望远镜, 27-望远镜俯仰手轮, 28-竖盘, 29-竖盘放大镜, 30-纵向水准管, 31-横向水准管, 32-望远镜微动螺旋, 33-望远镜粗调螺旋, 34-制动螺旋固定螺丝, 35-准直管

几种主要摄影经纬仪性能一览表

表1-1

仪 器 名 称	国产摄影经纬仪 DJS-19/ 1318-01型	东德蔡司摄影经纬仪 PHOTHEO 19/1318 型	东 德 蔡 司 地 面 摄 影 机 UMK 10/1318型
焦 距 (毫 米)	190	190	100, 可变
相 对 孔 径	1:25	1:25	1:8~1:32
底 片 尺 寸 (厘米×厘米)	13×18	13×18	13×18
象 幅 (厘米×厘米)	12×16	12×16	12×16.5
象 场 角	水平 45° 竖直 34°	水平 45° 竖直 34°	长边 79°2 短边 61°2
物镜位移或 光轴倾斜角	上移 30 毫米 下移 45 毫米 每 5 毫米一档	上移 30 毫米 下移 45 毫米 每 5 毫米一档	倾角从 - 30°到 + 90°, 每 15°一档
曝 光 时 间	启 闭 物 镜 盖 控 制	启闭物镜盖控制	T, B, $1 \sim \frac{1}{400}$ 秒
附 件	暗盒24个, 脚架 8 个, 觇牌和基座各 2 副	020经纬仪一台, 24米横基线尺一支, 暗盒24个, 脚架 8 个, 觇牌和基座各 8 个	暗盒24个, 觇牌、基座和脚架各 2 副
全 套 重 量 及 性 能	摄影经纬仪重 13公斤。使用玻璃干板	三箱70公斤, 玻璃干板	两箱, 使用玻璃干板或卷片